

**NASKAH PUBLIKASI**  
**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL**  
**DARI *CRUDE PALM OIL* DAN METANOL DENGAN PROSES**  
**TRANSESTERIFIKASI**  
**KAPASITAS 130.000 TON/TAHUN**



Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Oleh :**

**RIZKY PURNAMA MIKASASARI**

**D 500 110 041**

**Dosen Pembimbing :**

- 1. Emi Erawati, S.T., M.Eng.**
- 2. Ir. Nur Hidayati, Ph.D.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**SURAKARTA**

**2016**

### Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah

Yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing skripsi/tugas akhir:

Nama : Emi Erawati, S.T.,M.Eng.

NIK : 989

Telah membaca dan mencermati naskah publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/tugas akhir dari mahasiswa :

Nama : Rizky Purnama Mikasasari

NIM : D 500 110 041

Program Studi : Teknik Kimia

Judul skripsi/ tugas akhir : Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari *Crude Palm Oil* dan Metanol dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 130.000 Ton/Tahun

Surakarta, April 2016

Dosen Pembimbing



**Emi Erawati, S.T.,M.Eng.**

**NIK. 989**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

---

Nama : Rizky Purnama Mikasasari  
NIM : D 500 110 041  
Judul : Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari *Crude Palm Oil*  
Dan Metanol Dengan Proses Transesterifikasi  
Kapasitas 130.000 Ton/Tahun  
Dosen Pembimbing : 1. Emi Erawati, S.T., M.Eng.  
2. Ir. Nur Hidayati, Ph.D.

Surakarta, April 2016


Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Emi Erawati, S.T., M.Eng.

NIK. 989

  
Ir. Nur Hidayati, Ph.D.


NIK. 975

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Kimia

  
  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D  
NIK. 682

  
Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D  
NIK. 892

## PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Purnama Mikasasari

NIM : D 500 110 041

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Judul : Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari *Crude Palm Oil*  
dan Metanol dengan Proses Transesterifikasi  
Kapasitas 130.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa naskah publikasi yang saya buat dan serahkan ini merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang semuanya telah saya jelaskan dari mana sumbernya. Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang telah dibuat.

Surakarta, April 2016

Yang menyatakan,



Rizky Purnama Mikasasari

## INTISARI

Indonesia merupakan negara penghasil minyak bumi. Karena terbatasnya jumlah kilang yang dimiliki untuk memproduksi bahan bakar minyak (BBM), Indonesia harus mengimpor BBM guna mencukupi kebutuhan domestik. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati dengan kemurnian 98%. Pabrik Biodiesel ini dirancang dengan kapasitas 130.000 ton/tahun menggunakan bahan baku CPO dan Metanol dengan katalis NaOH yang beroperasi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm, perbandingan mol CPO : metanol, 1 : 6 dengan koversi 98%. Reaksi terjadi di dua buah RATB dengan proses transesterifikasi dan fasenya cair-cair. Reaksinya eksotermis dilengkapi coil pendingin.

Luas tanah yang diperlukan sebesar 7365 m<sup>2</sup> dan jumlah tenaga kerja sebanyak 155 orang. Kebutuhan CPO 16.342,75 kg/jam, metanol 3.708,02 kg/jam dan katalis NaOH 163,43 kg/jam. Kebutuhan air dipenuhi dari Sungai Bontang sebesar 15.737,28 kg/jam, bahan bakar solar 208,01 L/jam, udara tekan sebanyak 150 m<sup>3</sup>/jam dan kebutuhan listrik 521 kW. Pabrik akan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur.

Hasil analisis ekonomi, diperoleh FCI sebesar Rp. 587.128.680.758. MC per tahun adalah sebesar Rp. 910.236.044.378. Maka keuntungan yang diperoleh sebelum pajak sebesar Rp. 139.286.037.645 per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 104.464.528.233 per tahun. Didapatkan hasil Percent ROI sebelum pajak 23,7%, sesudah pajak 17,8%, POT sebelum pajak yakni 2,97 tahun dan sesudah pajak 3,60 tahun. BEP 54,62% dan SDP sebesar 25,93% serta DCF 27,59%. Dari evaluasi tersebut, bahwa Pabrik Biodiesel ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : biodiesel, CPO, metanol, RATB.

## **ABSTRACT**

*Indonesia is an oil -producing countries. Due to the limited number of refineries owned for producing fuel oil (BBM), Indonesia had to import fuel to their domestic needs. Biodiesel is a fuel from vegetable oil with a purity of 98%. Biodiesel is designed with a capacity of 130,000 tonnes/year using raw materials palm oil and methanol with NaOH catalyst that operates at a temperature of 60°C and 1 atmosphere of a pressure, the mole ratio CPO : methanol, 1 : 6 with the conversion of 98%. The reaction occurs in two RATB the transesterification process and liquid phase. The reaction was exothermic include cooling coil.*

*The land area required for 7365 m<sup>2</sup> and total workforce of 155 people. CPO needs 16342.75 kg/hr, methanol 3.708,02 kg/hr and NaOH catalyst 163.43 kg/hr. The water needs from the Bontang River at 15737.28 kg/h, the diesel fuel 208,01 L/h , the compressed air is 150 m<sup>3</sup>/h and 521 kW electricity needs . The plant will be build in Bontang, East Kalimantan.*

*The results of economic analysys obtained FCI Rp. 587,128,680,758. MC per year is Rp. 910,236,044,378. Then profits before tax Rp. 139,286,037,645 per year, while profit after tax Rp. 104,464,528,233 per year. Results of Percent ROI before tax of 23.7%, and 17.8% after tax, before tax POT is 2.97 years and 3.60 years after tax . BEP and SDP 54.62% and amounted to 25.93% and 27.59% of DCF. From these evaluations, that Biodiesel is feasible to apply.*

*Keyword : Biodiesel, CPO, methanol, RATB.*

## A. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang di dunia dan salah satu dari negara penghasil minyak bumi. Jumlah kilang minyak yang dimiliki untuk memproduksi BBM (bahan bakar minyak) sangatlah terbatas, sehingga mengharuskan Indonesia mengimpor BBM untuk mencukupi kebutuhan domestik yang terus meningkat dari tahun ke tahun.

Penggunaan BBM dari tahun ke tahun selalu meningkat, sedangkan subsidi BBM dalam pemerintahan Indonesia mengalami kenaikan hingga 10% per tahunnya. Pada kondisi yang bergantung pada pasokan impor ini semakin besar serta pemakaian energi yang sangat boros dapat menyebabkan masalah yang akan menghambat pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Dengan adanya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang “kebijakan energi untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM”. Dari kebijakan tersebut juga menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui seperti BBN (bahan bakar nabati) sebagai alternatif pengganti BBM. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang terbuat dari bahan nabati seperti CPO (*Crude Palm Oil*), biji minyak nyamplung, minyak jarak dan lain sebagainya. Biodiesel yaitu bahan bakar yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil, bahan bakar terbaru yang dapat menggantikan diesel petroleum di mesin sekarang ini.

Pada prarancangan pabrik biodiesel kali ini, bahan baku utama yang digunakan adalah CPO dan metanol yang didapat dari PTPN XIII dan PT. Kaltim Metanol Indonesia. Menggunakan katalis natrium hidroksida dan asam klorida sebagai penetral untuk mengilangkan katalis. Produk samping biodiesel berupa gliserol dan sedikit natrium klorida.

## B. Perancangan Kapasitas

Kebutuhan biodiesel setiap tahunnya semakin meningkat, hal ini bisa dilihat dari kebutuhan impor biodiesel dari tahun 2009 hingga 2014 yang mengalami kenaikan. Harga biodiesel bisa lebih tinggi dari harga bahan bakar diesel, sedangkan harga biodiesel murni (100%) terjual dengan harga \$1.5 sampai \$2 per galon sebelum kenaikan pajak. Pajak bahan bakar akan bertambah \$0.5 per galon. Data statistik perdagangan Luar Negeri Indonesia akan kebutuhan biodiesel dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Kebutuhan Impor Biodiesel Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ton/tahun)
2009	177.336.332
2010	1.083.361.771
2011	1.875.247.999
2012	2.513.964.291
2013	2.728.824.439

2014	2.607.941.087
------	---------------

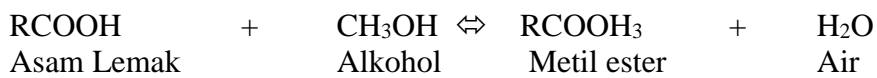
(Badan Pusat Statistik, 2009-2014)

Kriteria untuk mendirikan suatu pabrik yakni dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, yang mana bertujuan untuk memudahkan kinerja pabrik sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik. Seperti sudah disebutkan diatas, bahwa bahan baku utama pembuatan biodiesel adalah CPO dan metanol.

Sedangkan untuk kapasitas biodiesel sendiri bisa melihat kapasitas pabrik yang sudah memproduksi sekitar 5.000-1.000.000 ton/tahun. Dengan pertimbangan kebutuhan tersebut maka dalam prarancangan ini diambil kapasitas 130.000 ton/tahun.

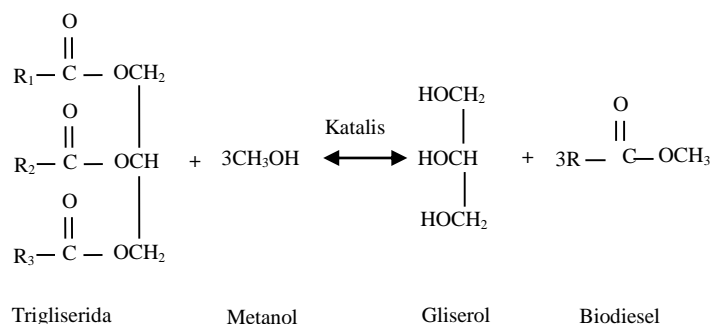
### C. Pembuatan Metil Ester Secara Umum

Dalam pembuatan biodiesel terdapat proses esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi merupakan konversi dari asam lemak menjadi ester dengan mereaksikan alkohol dan katalis berupa asam kuat.



Hal yang mempengaruhi reaksi esterifikasi yaitu waktu reaksi, pengadukan, katalisator dan suhu.

Sedangkan pada proses transesterifikasi minyak nabati direaksikan dengan alkohol dan katalis basa menghasilkan metil ester dan gliserol.



Faktor utama yang mempengaruhi proses ini adalah rasio molar antara trigliserida dan alkohol, jenis katalis yang digunakan, suhu.

### D. Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembentukan biodiesel ini ditinjau dari reaksi kesetimbangan untuk menentukan reaksi endotermis atau eksotermis.

Harga  $\Delta H^{\circ}_f$  dan  $\Delta G$  masing-masing komponen pada 298,15 K dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Data ( $\Delta H^{\circ}_f$ ) dan ( $\Delta G$ ) pada suhu 298,15 K



Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ kJ/mol	$\Delta G$ kJ/mol
CH <sub>3</sub> OH	-201,17	-162,51
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	-582,8	-445,49
CPO	-671,78	-189,69
Metil Ester	-626	-117

(Yaws,C., 1999)

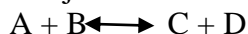
Jika  $\Delta H^{\circ}f$  negatif maka reaksi eksotermis

Jika  $\Delta H^{\circ}f$  positif maka reaksi endotermis

Dari perhitungan didapatkan harga  $\Delta H^{\circ}f = -1185,51$  kJ/mol dan disimpulkan bahwa reaksi ini termasuk eksotermis. Ini dikarenakan penambahan suhu yang bisa menurunkan konversi pembentukan biodiesel. Jika suhu diturunkan, maka akan menaikkan konversi, sehingga suhu harus tetap dijaga yakni suhu operasinya 60°C.

### E. Tinjauan Kinetika

Persamaan reaksi hidrolisis minyak diatas dapat disederhanakan menjadi :



Reaksi hidrolisis minyak merupakan reaksi irreversibel, karena kecepatan reaksi ke kanan jauh lebih besar daripada kecepatan reaksi ke kiri. (Othmer, 1985).

### F. Diskripsi Proses

Secara keseluruhan proses produksi biodiesel dibagi menjadi 3 tahap, yakni:

#### 1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan biodiesel berupa CPO, metanol dan katalis NaOH. NaOH berupa padatan disimpan dalam silo. Sementara metanol dan CPO disimpan dalam fase cair. Metanol dipompa ke dalam *mixer* (M-11) kemudian ditambahkan NaOH dari silo, lalu campuran NaOH dan metanol suhunya dinaikkan menjadi 60°C dengan *heat exchanger* (E-11) selanjutnya dipompa ke reaktor. CPO dipompa menuju *heat exchanger* (E-12) untuk menaikkan suhu menjadi 60°C. CPO dimasukkan ke dalam reaktor (R-110). Perbandingan mol metanol dan CPO adalah 6 : 1.

#### 2. Proses dalam Reaktor

Reaksi pembuatan biodisel yaitu transesterifikasi menggunakan *Continues Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang disusun seri. Dari hasil optimasi dihasilkan jumlah reaktor 3 buah reaktor, dengan suhu operasi 60 °C dan

tekanan 1 atm. Oleh karena itu dalam perancangan reaktor digunakan pendingin koil karena berdasarkan perhitungan luas transfer panas pada 2 reaktor tersebut lebih besar dari luas selubung reaktor.

3. Proses Pemisahan dan Pemurnian Metil Ester

Produk yang keluar dari reaktor (R-11C) dipompa menuju dekanter (H-11) untuk memisahkan produk dengan hasil samping (gliserol dan NaOH). Hasil bawah merupakan produk samping yang dipompakan ke *netralizer* (M-21), untuk menetralkan sisa katalis NaOH perlu ditambahkan HCl. Untuk hasil atas dekanter yang berupa biodiesel dipompa menuju *mixer* (M-12) dan ditambahkan air untuk proses pencucian produk biodiesel. Setelah itu dialirkan menuju dekanter (H-12) untuk memisahkan biodiesel dari produk samping metanol. Hasil atas dekanter berupa campuran antara produk biodiesel dan sedikit air lalu dipompa ke *evaporator* (V-11) untuk menguapkan sisa air. Produk yang keluar dari *evaporator* dipompa ke tangki penyimpanan biodiesel. Hasil samping produk dari *neutralizer* dialirkan ke *collecting tank* kemudian dipompa ke *evaporator* (V-12) untuk memisahkan gliserol dengan metanol. Gliserol pada produk bawah *evaporator* kemudian dialirkan menuju tangki gliserol (F-31). Metanol yang menguap dari *evaporator* dialirkan ke rektifikasi (D-11) untuk memurnikan metanol. Hasil atas rektifikasi berupa uap methanol dan sedikit air akan dialirkan menuju kondensor (E-21) kemudian dipompa menuju *mixer* pertama (M-11). Sedangkan hasil bawah berupa air dan sedikit metanol dialirkan ke *reboiler*. Hasil air dan metanol yang tidak teruapkan kembali kemudian dialirkan ke unit pengolahan limbah.

### G. Spesifikasi Alat Utama Proses

Hasil dari perhitungan data spesifikasi alat proses pabrik biodiesel kapasitas 130.000 ton/tahun:

1. Mixer

Kode alat	: M-11
Fungsi	: Mencampurkan metanol dengan NaOH sebanyak 3880,35 kg/jam
Suhu operasi	: 35,95°C
Tekanan operasi	: 1 atm
Diameter	: 2,024 m
Tinggi	: 2,264 m
Tebal plate shell	: 0,005 m
Tebal plate roof	: 0,005 m
Harga	: US \$ 66,548

2. Reaktor

Kode alat	: R-11A, R-11B, R-11C
Fungsi	: Mereaksikan CPO dengan metanol menjadi produk biodiesel sebanyak 20.556,63 kg/jam
Suhu operasi	: 60°C

Tekanan operasi : 1 atm  
Diameter : 0,79 m  
Tinggi : 1,18 m  
Tebal plate shell : 0,005 m  
Tebal plate roof : 0,005 m  
Jumlah : 3 buah  
Harga : US \$ 175,286

### 3. Dekanter

Kode alat : H-11  
Fungsi : Memisahkan produk biodiesel dari komponen lain (gliserol, metanol, NaOH dan air) sebanyak 20.556,63 kg/jam  
Suhu operasi : 60°C  
Tekanan operasi : 1 atm  
Diameter : 1,573 m  
Panjang : 5,394 m  
Tebal plate shell : 0,005 m  
Tebal plate roof : 0,006 m  
Harga : US \$ 49,516

### 4. Mixer

Kode alat : M-12  
Fungsi : Mencampurkan air dengan produk dari dekanter sebanyak 20.582,15 kg/jam  
Suhu operasi : 52,47°C  
Tekanan operasi : 1 atm  
Diameter : 3,790 m  
Tinggi : 4,104 m  
Tebal plate shell : 0,005 m  
Tebal plate roof : 0,005 m  
Harga : US \$ 85,662

### 5. Dekanter

Kode alat : H-12  
Fungsi : Memisahkan produk biodiesel dari komponen lain (metanol dan air) sebanyak 20.582,15 kg/jam  
Suhu operasi : 52,47°C  
Tekanan operasi : 1 atm  
Diameter : 0,702 m  
Panjang : 2,238 m  
Tebal plate shell : 0,005 m  
Tebal plate roof : 0,005 m  
Harga : US \$ 38,693

### 6. Evaporator

Kode alat : V-11  
 Fungsi : Memekatkan produk biodiesel dengan menguapkan air sebanyak 16.783,69 kg/jam  
 Suhu operasi : 110°C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 0,425 m  
 Tinggi : 5,752 m  
 Tebal plate shell : 0,005 m  
 Tebal plate roof : 0,005 m  
 Harga : US \$465,253

#### 7. Netralizer

Kode alat : M-21  
 Fungsi : Menetralkan katalis NaOH dengan mereaksikan HCl sebanyak 3.404,28 kg/jam  
 Suhu operasi : 57,9°C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 1,348 m  
 Tinggi : 1,919 m  
 Tebal plate shell : 0,005 m  
 Tebal plate roof : 0,005 m  
 Harga : US \$ 13,986

#### 8. Clollecting Tank

Kode alat : M-31  
 Fungsi : Menampung sementara beberapa komponen sebanyak 7.531,78 kg/jam  
 Suhu operasi : 55,03°C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 2,169 m  
 Tinggi : 2,169 m  
 Tebal plate shell : 0,005 m  
 Tebal plate roof : 0,008 m  
 Harga : US \$ 20,745

#### 9. Evaporator

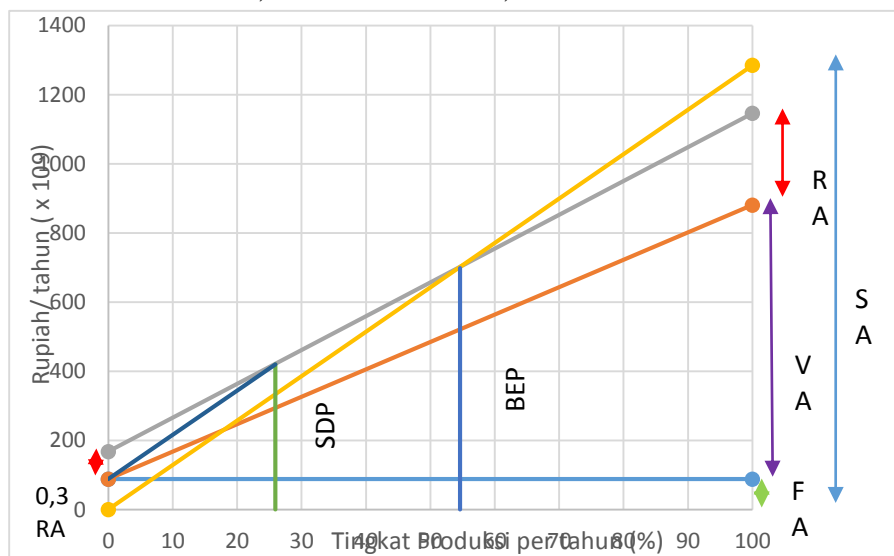
Kode alat : V-12  
 Fungsi : Memekatkan gliserol dan NaCl dengan menguapkan metanol dan air sebanyak 7.683,88 kg/jam  
 Suhu operasi : 95°C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 0,947 m  
 Tinggi : 5,93 m  
 Tebal plate shell : 0,005 m  
 Tebal plate roof : 0,005 m  
 Harga : US \$ 638,791

## 10. Rektifikasi

Kode alat	: D-11
Fungsi	: Memisahkan metanol dengan air sebanyak 5.620,67 kg/jam
Suhu operasi umpan	: 95,13°C
Suhu operasi top	: 65,09°C
Suhu operasi bottom	: 100,14°C
Tekanan operasi	: 1 atm
Diameter atas	: 1,06 m
Diameter bawah	: 3,77 m
Diameter rektifikasi	: 3,77 m
Tinggi menara	: 16,79 m
Tebal plate shell	: 0,006 m
Tebal plate roof	: 0,005 m
Harga	: US \$ 95,685

## H. Evaluasi Ekonomi

Untuk mengetahui pabrik biodiesel yang didirikan dapat menguntungkan atau tidak dan layak atau tidak dapat dilihat dari analisa ekonomi. Hasil evaluasi ekonomi dari perhitungan data yang direncanakan 330 hari beroperasi selama satu tahun dengan jumlah karyawan 155 orang, didapatkan modal tetap sebesar Rp. 587.128.680.758 per tahun. Biaya produksi total per tahun adalah sebesar Rp. 910.236.044.378. Maka keuntungan yang diperoleh sebelum pajak sebesar Rp. 139.286.037.645 per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 104.464.528.233 per tahun. Evaluasi ekonomi ini menunjukkan hasil, bahwa Percent ROI sebelum pajak 23,7%, sesudah pajak 17,8%, POT sebelum pajak yakni 2,97 tahun dan sesudah pajak 3,60 tahun. BEP 54,62% dan SDP sebesar 25,93% serta DCF 27,59%.



Gambar 1. Analisa Kelayakan Ekonomi

## I. Kesimpulan

Pabrik pembuatan metil ester dari CPO dan metanol kapasitas 130.000 ton/tahun digolongkan pabrik beresiko rendah, karena suplai bahan baku dekat dan kondisi operasi (tekanan 1atm dan suhu 60°C) kondisi atmosferis. Kelayakan pabrik berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ditunjukkan dalam tabel 3

Tabel 3. Perbandingan Analisis Ekonomi Perhitungan dan Referensi (Aries & Newton,1955)

Keterangan	Perhitungan	Referensi
1. ROI sebelum pajak	23,7%	<i>Low risk</i> 44% <i>High risk</i> 11%
2. POT sebelum pajak	2,97 th	<i>Low risk</i> 2th <i>High risk</i> 5th
3. BEP	54,62%	40%-60%
4. SDP	25,93%	20%-30%
5. DCF	27,59%	Minimal 24%

Berdasarkan perbandingan data perhitungan dengan referensi ROI, POT, BEP, SDP dan DCF untuk pabrik beresiko rendah perhitungannya memenuhi standar, sehingga dari evaluasi tersebut, dikatakan bahwa Pabrik Biodiesel dari CPO dan metanol kapasitas 130.000 ton/tahun ini cukup layak untuk didirikan.

## J. Daftar Pustaka

- Anonim. 2011. *Chemical Engineering Plant Cost Index*. [www.nt.ntnu.no/users/magnehi/cepci\\_2011\\_py.pdf](http://www.nt.ntnu.no/users/magnehi/cepci_2011_py.pdf). Diakses pada 31 Januari 2016 pukul 15.13 WIB.
- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- BPS. 2014. Badan Pusat Statistik Ekspor dan Impor. [http://www.bps.go.id/all\\_newtemplate.php](http://www.bps.go.id/all_newtemplate.php). Diakses pada 13 juni 2015 pukul 22.18 WIB.
- BSN. 2015. Badan Standarisasi Nasional SNI Biodiesel. [http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni\\_main/sni/detail\\_sni/22602](http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/22602). Diakses pada 1 Maret 2016 pukul 13.48 WIB.
- Darnoko, D. and Cheryan, M. 2000. *Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor*. Jurnal Ilmiah, vol. 77, No. 12, pp. 1263-1267.

- Dessler, G. 1997. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Pt. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Foggler, H. Scott. 2005. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4<sup>th</sup> ed. Singapore : Prentice Hall International.
- Irawan, Atep Y. 2014. Pabrik Produsen Biodiesel di Indonesia. <http://www.infosawit.com/news/detail/pabrik-produsen-biodiesel-di-indonesia>. Diakses pada 18 April 2014 pukul 14.24 WIB.
- Hambali, Erliza. Et al. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Handoko, T.H. 2000. *Dasar-dasar Manajemen Operasi dan Produksi*. BPFE. Yogyakarta.
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*. Tokyo: McGraw Hill International Book Company.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Levenspiel, O. 1975. *Chemical Reaction Engineering*. 2<sup>nd</sup> edition. Singapore: John Wiley and Sons Inc.
- Matches. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>. Diakses pada 11 Januari 2016 pukul 18.45 WIB.
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7<sup>th</sup> editions. Tokyo: McGraw Hill Book Company.
- Peters, M.S and Timmerhause, K.D. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Santoso, G. 2004. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Prestasi Pustaka. Jakarta.
- Sitorus, M. Dan Sutiani, A. 2012. *Pengelolaan dan Manajemen Laboratorium Kimia*. Graha Ilmu. Jakarta.
- Subagyo, P. 2000. *Manajemen Operasi*. BPFE. UGM. Yogyakarta.
- Sutojo, S. 1986. *Manajemen Perusahaan Indonesia*. Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Syukron, A. 2010. *Pengantar Manajemen Industri*. Graha Ilmu. Jakarta.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Plant Design and Economics*. Canada: John Wiley and Sons Inc.
- Wignjosoebroto, S. 2009. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Guna Widya. Surabaya
- Yaws, C.L 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Company.
- Zulfikarijah, F. 2005. *Manajemen Operasional*. UMM Press. Malang.